

AN: PAT 1982-P6073E
TI: **Rotor** for electric machine with superconductor has poles supporting excitation coils and has bandages made of low specific weight metal alloy
PN: DE3212416-A
PD: 04.11.1982
AB: The machine has superconductive excitation coils on a pole body, as well as **bandage** rings, the latter fastening the coil heads on the coil-former. The **bandage** rings (16) are made of a metal alloy with a low specific weight, preferably a titanium alloy. The **bandage** rings are typically shrunk onto the pole body (2). The drum **rotor** torque is transmitted by a tube (1), while the pole body for the coil is formed by the middle section of this tube. In the pole body is firmly embedded the superconductive field coil, while heat screen (4) surrounds the pole body and the tube. Between this screen and the pole body is mounted a low temperature screen (5). The excitation current is supplied via slip rings (11), and a heat exchanger (12) is mounted in or on the tube.;
PA: (MITQ) MITSUBISHI ELECTRIC CORP;
IN: OISHI N; OKAMOTO K; SAKUYAMA M; YOSHIOKA S;
FA: DE3212416-A 04.11.1982; DE3212416-C 17.12.1987;
GB2099231-A 01.12.1982; GB2099231-B 13.03.1985;
JP57166845-A 14.10.1982;
CO: DE; GB; JP;
IC: H02K-003/46; H02K-055/00;
MC: X11-H09; X11-J02C;
DC: X11;
PR: JP0050877 02.04.1981;
FP: 14.10.1982
UP: 17.12.1987

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 3212416 A1

51 Int. Cl. 3:
H 02 K 3/46
H 02 K 55/00

21 Aktenzeichen:
22 Anmeldetag:
23 Offenlegungstag:

P 32 12 416.3
2. 4. 82
4. 11. 82

DE 3212416 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31
02.04.81 JP P50877-81

72 Erfinder:
Sakuyama, Masaki; Oishi, Norio; Okamoto, Koichi, Kobe,
Hyogo, JP; Yoshioka, Sumio, Amagasaki, Hyogo, JP

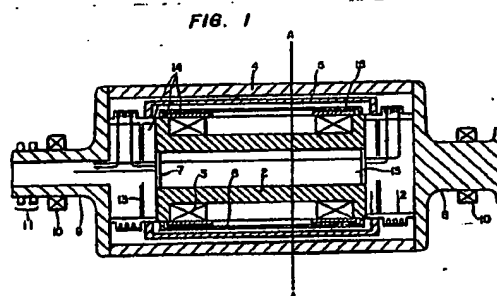
71 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP

74 Vertreter:
Ekle, W., Dipl.-Ing.; Hoffmann, K., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.;
Lehn, W., Dipl.-Ing.; Föchsle, K., Dipl.-Ing.; Hansen, B.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt

54 Rotor einer elektrischen Maschine mit Supraleitung

Ein Rotor einer mit Supraleitung arbeitenden elektrischen Maschine enthält supraleitende Erregerspulen (3), die durch Bandagenringe (16) gehalten werden. Da der Rotor mit hohen Drehzahlen läuft, müssen die Bandagenringe (16) möglichst hohe Festigkeit bei geringem spezifischen Gewicht haben, um die Zentrifugalkräfte zu beherrschen. Gemäß der Erfindung werden zu dem Zweck die Bandagenringe (16) aus einer Titanlegierung der α -Phase hergestellt. (32 12 416)



DE 3212416 A1

02.04.82

3212416

MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA
Tokyo / JAPAN

5

Rotor einer elektrischen Maschine mit Supraleitung

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

- 15 ① Rotor für eine mit Supraleitung arbeitende elektrische Maschine, die supraleitende Erregerspulen, einen die Erregerspulen tragenden Polkörper und Bandagenringe aufweist, um die Spulenköpfe der supraleitenden Erregerspulen auf dem Spulenkörper zu fixieren, dadurch
- 20 g e k e n n z e i c h n e t , daß die Bandagenringe (16) aus einer Legierung mit niedrigem spezifischen Gewicht hergestellt sind.
- 25 2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Legierung eine Titanlegierung der α -Phase ist.
- 30 3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Legierung Ti-5A -2,5 SnELI ist.
- 35 4. Rotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Bandagenringe (16) auf den Polkörper (2) aufgeschrumpft sind.

1

Rotor einer elektrischen Maschine mit Supraleitung

5

Die Erfindung betrifft Rotoren elektrischer Maschinen mit Supraleitung, speziell den Aufbau einer supraleitenden Feldwicklung eines solchen Rotors.

10

Die Erfindung stellt eine Verbesserung des Rotoraufbaus einer supraleitenden elektrischen Maschine, beispielsweise eines Generators, dar und betrifft insbesondere die Ringbandagen der supraleitenden Feldwicklungsspulen. Gemäß der Erfindung bestehen die

15

Bandagenringe aus einer Titanlegierung in der α -Phase, um ihnen bei geringem Gewicht und der herrschenden Temperatur eine hohe Festigkeit zu verleihen.

20

In der Zeichnung sind zum besseren Verständnis der Erfindung Ausführungsformen im einzelnen dargestellt. Sie zeigt:

25

Fig. 1 einen axialen Längsschnitt durch einen Rotor einer elektrischen Maschine mit Supraleitung;

Fig. 2 einen Querschnitt nach der Linie A-A in Fig. 1, in welchem der Klarheit wegen einige Teile weggelassen sind, und

30

Fig. 3 und 4 Längsschnittdarstellung bzw. perspektivische, teils aufgebrochene Ansicht der Wicklungsköpfe an einem Rotorende.

35

In der Fig. 1 ist ein zweipoliger Trommelläufer beispielsweise dargestellt mit einem das Drehmoment übertragenden Rohr 1, einem die Wicklung tragenden Polkörper 2, der den Mittelabschnitt des drehmomentüber-

1

tragenden Rohres 1 darstellt, einer supraleitenden Feld-
wicklung, die in den Polkörper 2 fest eingebettet ist,
5 einem den Polkörper 2 und das das Drehmoment übertra-
gende Rohr 1 umschließenden Wärmeabschirmkörper 4, eine
Tieftemperaturabschirmung 5 zwischen dem Wärmeabschirm-
körper 4 und dem Polkörper 2, einem Außenzylinder 6 auf
10 der Außenwand des Polkörpers 2, Endplatten 7 an beiden
Enden des Polkörpers 2, Wellenstümpfen 8 und 9, Lagern
10 an beiden Wellenstümpfen, Schleifringen 11 für die
Zuführung des Erregerstroms, einem Wärmeaustauscher 12
in oder an dem das Drehmoment übertragenden Rohr 1,
15 einer seitlichen Strahlungsabschirmung 13, Vakuumkammern
14, einem Sammelraum für flüssiges Helium 15 und an
beiden Enden des Polkörpers 2 angeordneten Ringbandagen
16.

In diesem Läufer sind die auf dem Polkörper 2 unterge-
20 brachten, supraleitenden Feld- oder Erregerspulen 3
auf äußerst tiefe Temperaturen gekühlt, wodurch ihr
ohmscher Widerstand auf nahezu Null verringert wird,
damit keine Erregerverluste entstehen und ein starkes
Magnetfeld von der supraleitenden Feldwicklung 3 er-
25 zeugt werden kann mit dem Ziel, in dem (nicht gezeigten)
Stator Wechselstromenergie zu erzeugen. Damit die
supraleitende Feldwicklung 3 auf die extrem tiefe Tem-
peratur abgekühlt werden kann, ist der Rotor so ge-
30 staltet, daß ihm flüssiges Helium über eine Axial-
bohrung im Wellenstumpf 9 und durch ein (nicht gezeig-
tes) Zuführrohr in eine Kammer für flüssiges Helium
zugeführt wird, die durch den Außenzylinder 6 und die
Heliumendplatten 7 gebildet wird, während im Innern
35 des Rotors Hochvakuum aufrechterhalten wird. Das dreh-
momentübertragende Rohr 1, über das der supraleitenden

1

Feldwicklung 3 und dem Polkörper 2 das Drehmoment zugeführt wird, hat die Form eines dünnwandigen Zylinders, und der Wärmeaustauscher 12 ist in oder an dem drehmomentübertragenen Rohr ausgebildet, wie oben beschrieben, so daß die dem auf extrem tiefer Temperatur gehaltenen Teil zugeführte Wärmemenge in äußerstem Maß herabgesetzt ist. Ferner haben die seitlich angebrachten Strahlungsabschirmungen 13 ebenfalls die Aufgabe, die dem Tieftemperaturbereich durch Strahlung zugeführte Wärmemenge zu vermindern.

Die Raumtemperaturabschirmung 4 und die Tieftemperaturabschirmung 5 dienen dazu, das harmonische Magnetfeld des Stators abzuschirmen und dadurch die supraleitende Erregerwicklung zu schützen, und dienen zur Abdämpfung von Schwingungen des Rotors, die bei auftretenden Störungen oder einem Fehler im elektrischen Leitungssystem hervorgerufen werden. Außerdem dient die Raumtemperaturabschirmung 4 als äußerer Vakuumzylinder, und die Tieftemperaturabschirmung 5 wirkt als Strahlungsabschirmung für die Kammer flüssigen Heliums. Leitungen für die Heliumzuführung und -abführung zum System innerhalb des Rotors und Einrichtungen für Zufuhr und Abfuhr des Heliums, die mit dem Rotor in Verbindung stehen, sind in Fig. 1 nicht gezeigt.

Wenn die supraleitende Feldwicklung beispielsweise aus einem flexiblen NbTi-Draht besteht, werden Nuten in die Oberfläche des Polkörpers in achsparalleler Richtung eingeformt, in der die supraleitenden Erregerspulen dann liegen. Für die Gestaltung der supraleitenden Erregerspulen ist ein Verfahren vorgeschlagen worden, bei dem ein Wickelrahmen, auf dem die supraleitende

1

Feldwicklung gewickelt worden ist, auf dem Polkörper befestigt wird. Dieses Verfahren hat jedoch den Nach-
5 teil, daß der für die supraleitende Feldwicklung erforderliche Platz um den für den Wickelrahmen benötigten vergrößert wird, und außerdem werden zusätzlich Zeit und Kosten für die Herstellung des Wickelrahmens benötigt.

10

Der Aufbau des Rotors mit supraleitenden Feldspulen, die in Nuten des Polkörpers untergebracht sind, wird nachfolgend näher beschrieben. Fig. 2 zeigt zu dem
15 Zweck einen Schnitt nach der Linie A-A in Fig. 1. Da diese Fig. 2 der Beschreibung der supraleitenden Feldspulen dient, sind Teile, die für diese Beschreibung nicht erforderlich sind, weggelassen.

20

In der Fig. 2 sind folgende Bezeichnungen eingeführt: im Polkörper 2 sind axiale Nuten 17 von der Oberfläche her eingebracht; die supraleitenden Feldspulen sind in die Nuten 17 eingesetzt, von einer Nutisolation 18 umgeben und durch Nutkeile 19 in den Nuten gehalten, wobei zwischen den Spulen 3 und den Nutkeilen 19 eine
25 Keilisolation 20 eingeführt ist. Die Anordnung der supraleitenden Feldspulen 3 ist derart, daß sie die Linie B-B in Fig. 2 umschließen und ein starkes Magnetfeld erzeugen, dessen Polmitte durch die Linie B-B dargestellt ist.

30

Fig. 3 zeigt das eine Ende des Polkörpers 2, d.h., ein Ende des Polkörpers mit den Spulenköpfen der supraleitenden Spulen 3. Die Spulenköpfe der supraleitenden Feldspulen 3 werden auf dem Polkörper 2 durch die
35 Bandagenringe 16 niedergehalten, die im Schrumpfverfahren auf den Polkörper aufgesetzt sind, wobei eine

1

Isolationsplatte 21, eine Isolationsdeckschicht 22 und Isolationsfüllmaterial 23 die Spulenköpfe umgeben.

5

In perspektivischer Ansicht ist das in der Fig. 3 im Schnitt gezeigte Ende des Polkörpers teils aufgebrochen in Fig. 4 schematisch widergegeben.

10

Die Erfindung besteht in der Qualität der Bandagenringe, die in den Fig. 3 und 4 gezeigt sind. Der Bandagenring 16 läuft im flüssigen Helium, d.h. bei 4°K. Im Falle einer zweipoligen, supraleitenden elektrischen Maschine läuft der Bandagenring 15 mit hoher Geschwindigkeit um, d.h. mit 3600 U/min bei 60 Hz, so daß sehr große Zen-

15

trifugalkräfte auftreten. Die Fig. 1 und 3 lassen erkennen, daß dann, wenn die Wandstärke des Bandagenringes 16 steigt, auch die Durchmesser des Heliumaußenzylinders 6 und des Tieftemperaturabschirmzylinders 5 sowie des Raumtemperaturabschirmzylinders 4 größer werden müssen, d.h., der Durchmesser des Rotors wächst dann. Daraus ergibt sich, daß eine möglichst geringe Wandstärke der Bandagenringe 16 anzustreben ist. Der dünne Bandagenring hat also hohe Zentrifugalkräfte aufzunehmen, muß deshalb

20

25

folglich hohe Zugspannungen vertragen können. Er muß aus einem Material bestehen, das bei der extrem niedrigen Temperatur von 4°K hohe Beanspruchung verträgt.

30

Eine Betrachtung der Beanspruchung des Bandagenringes erbringt folgendes. Die Beziehung zwischen der Deformation (δ) und der Beanspruchung (ρ) des Bandagenringes ist folgende:

$$\delta = (1/E) (K_1 \gamma + K_2 W) \dots \dots (1)$$

35

$$\rho \sim E \delta \dots \dots (2)$$

1

wobei E bzw. γ der Young-Modul bzw. das spezifische Gewicht des Bandagenringes, W die an den Wickelköpfen der supraleitenden Spulen auftretende Zentrifugalkraft und K_1 und K_2 Konstanten sind, die durch die Abmessungen und die Drehzahl vorgegeben sind.

6

Aus den Ausdrücken (1) und (2) ergibt sich

10

$$\rho \propto E \times \frac{1}{E} (K_1 \gamma + K_2 W) = (K_1 \gamma + K_2 W) \dots (3)$$

15

Der Ausdruck (3) läßt erkennen, daß bei gleichbleibenden Abmessungen und Drehzahl die Beanspruchung (ρ) des Bandagenringes 16 abnimmt, wenn das spezifische Gewicht γ reduziert wird. Aus diesem Grund sollte das Bandagenringmaterial ein solches sein, das bei extrem tiefen Temperaturen von 4°K einsetzbar ist und ein geringes spezifisches Gewicht hat.

20

Gemäß der Erfindung wird eine Titanlegierung der α -Phase (z.B. Ti-5A -2,5 SnELI) für die Herstellung des Bandagenringes verwendet, weil seine Versprödungstemperatur unter 4°K liegt.

25

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über spezifische Gewichte und Festigkeiten (0,2% Fließgrenze bei Raumtemperatur) von Werkstoffen, die gewöhnlich bei einer Temperatur von 4°K eingesetzt werden:

30

<u>Werkstoff</u>	<u>Spezifisches Gewicht</u>	<u>Festigkeit</u>
Austenitischer rostfreier Stahl	7,85	21 kg/mm ²
Inconellegierung	8,51	94 kg/mm ²
35 Titanlegierung α -Phase (Ti-5A -2,5 SnELI)	4,5	63 kg/mm ²

1

Die Tabelle zeigt, daß die Titanlegierung der α -Phase ein geringes spezifisches Gewicht und hohe Festigkeit hat, d.h., sich ausgezeichnet als Werkstoff für die Bandagenringe 16 eignet.

5

Nach der vorangehenden Beschreibung sind gemäß der Erfindung die Bandagenringe aus einer Titanlegierung der α -Phase (z.B. Ti-5A -2,5 SnELI) hergestellt, wodurch eine Verbesserung für den Rotor einer supraleitfähigen elektrischen Maschine erzielt wird, deren Bandagenringe bei extrem tiefen Temperaturen arbeiten.

10

15

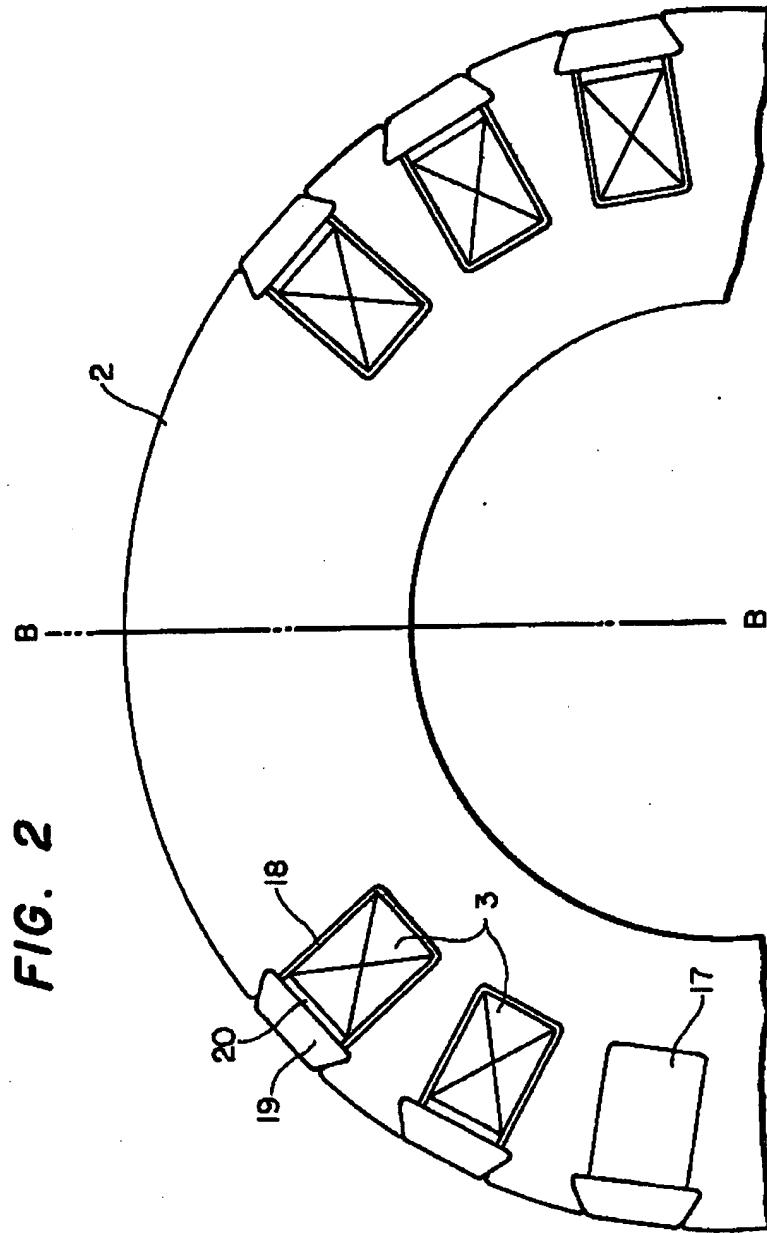
20

25

30

35

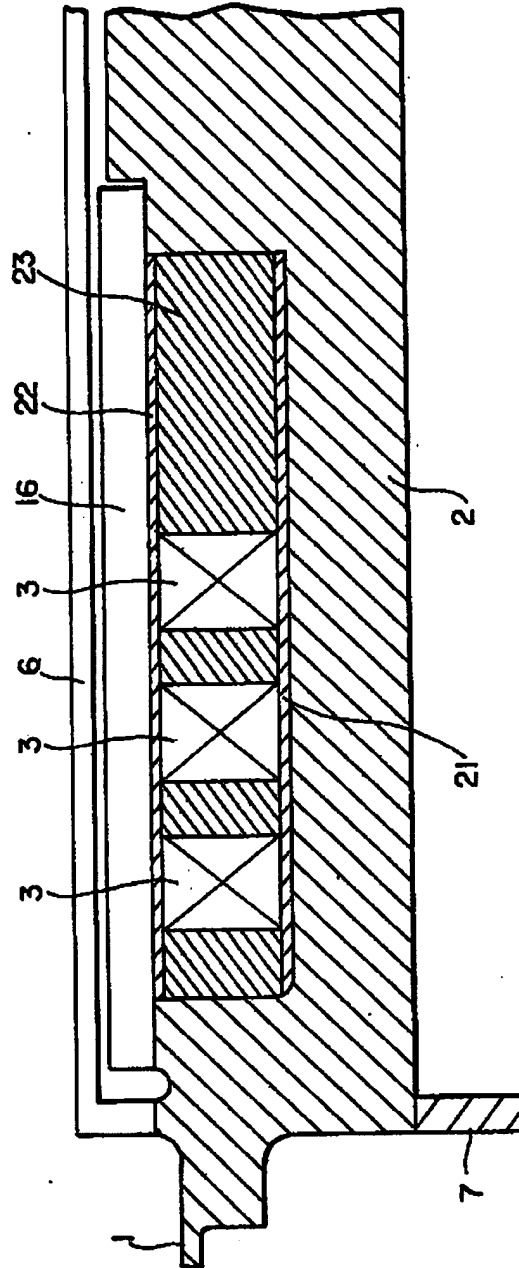
9
Leerseit:



NACHGERECHT

1980-82

FIG. 3



MACHFRECHT

2009.02

22.06.82

3212416

NACHGERECHT

- 12 -

FIG. 4

